

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-98102

(P2000-98102A)

(43)公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 B 3/00		G 0 2 B 3/00	A 2 H 0 9 1
			Z 4 F 1 0 0
B 2 9 C 41/12		B 2 9 C 41/12	4 F 2 0 5
B 3 2 B 3/30		B 3 2 B 3/30	
7/02	1 0 3	7/02	1 0 3
審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 18 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平10-263684

(22)出願日 平成10年9月17日(1998.9.17)

(71)出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72)発明者 清水 敦

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 伊藤 嘉則

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(74)代理人 100094019

弁理士 中野 雅房

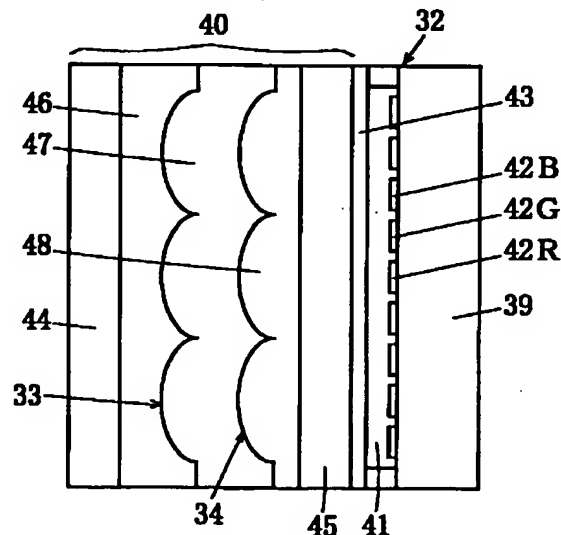
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レンズアレイ基板、その製造方法及び画像表示装置

(57)【要約】

【課題】 マイクロレンズアレイ基板製造時に、マイクロレンズアレイどうしの光軸合せを簡単にし、また製造工程も簡略化する。

【解決手段】 ベースガラス44の上に紫外線硬化型樹脂を供給し、スタンプで型押ししてマイクロレンズアレイ33を形成し、紫外線照射により紫外線硬化型樹脂を硬化させて透明樹脂層46を成形する。透明樹脂層46の上に屈折率の異なる紫外線硬化型樹脂を供給し、同じスタンプで型押ししてマイクロレンズアレイ34を形成し、紫外線照射により紫外線硬化型樹脂を硬化させて透明樹脂層47を成形する。透明樹脂層47の上に屈折率の異なる紫外線硬化型樹脂を供給し、ベースガラスで押圧させ、紫外線照射により紫外線硬化型樹脂を硬化させて透明樹脂層48を成形する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のレンズアレイを備えたレンズアレイ基板であって、

複数の透光性樹脂層が積層され、互いに屈折率の異なる透明樹脂層どうしの境界面によりレンズアレイが形成されているレンズアレイ基板。

【請求項2】 隣り合うレンズアレイの間には、1層の透光性樹脂層のみ存在することを特徴とする、請求項1に記載のレンズアレイ基板。

【請求項3】 前記レンズアレイの立体形状がいずれも同一であることを特徴とする、請求項1に記載のレンズアレイ基板。

【請求項4】 前記レンズアレイは、複数のレンズ面を緻密に配列したものであることを特徴とする、請求項1に記載のレンズアレイ基板。

【請求項5】 複数のレンズアレイを備えたレンズアレイ基板の製造方法であって、未硬化の樹脂材料に第1のスタンプを押圧した状態で当該樹脂材料を硬化させて第1の透光性樹脂層を成形する工程と、

第1の透光性樹脂層の上に当該透光性樹脂層と屈折率の異なる未硬化の樹脂材料を供給し、この透光性樹脂層に第2のスタンプを押圧した状態で当該樹脂材料を硬化させて第2の透光性樹脂層を成形し、第1及び第2の透光性樹脂層の境界面にレンズアレイを形成する工程と、第2の透光性樹脂層の上に当該透光性樹脂層と屈折率の異なる未硬化の樹脂材料を供給し硬化させて第3の透光性樹脂層を成形し、第2及び第3の透光性樹脂層の境界面に別なレンズアレイを形成する工程と、を備えたレンズアレイ基板の製造方法。

【請求項6】 前記第1のスタンプと第2のスタンプとは、同一のスタンプであることを特徴とする、請求項5に記載のレンズアレイ基板の製造方法。

【請求項7】 入射光を透過させながら空間変調して画像を生成するための空間変調素子と、前記空間変調素子の光入射側に配置された、請求項1、2、3又は4に記載したレンズアレイ基板と、周波数の異なる複数の光束を前記レンズアレイ基板へ照射する手段と、を備えた画像表示装置。

【請求項8】 入射した光を反射させながら空間変調して画像を生成するための空間変調素子と、前記空間変調素子の光入射側に配置された、請求項1、2、3又は4に記載したレンズアレイ基板と、周波数の異なる複数の光束を前記レンズアレイ基板へ照射する手段と、を備えた画像表示装置。

【請求項9】 前記空間変調素子は、配列された多数の反射板を制御することによって画像を生成するものであることを特徴とする、請求項8に記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はレンズアレイ基板、その製造方法及び画像表示装置に関する。特に、微細なマイクロレンズの集合を多層構造にしたマイクロレンズアレイ基板とその製造方法に関し、さらにそのマイクロレンズアレイ基板を用いた画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 液晶表示素子を用いてカラー表示を行なう方式として投影型カラー画像表示方式があり、そのうちには、三原色に応じて液晶表示素子を3枚用いる三板式と、1枚のみを用いる単板式とがある。しかし、三板式の投影型カラー画像表示方式では、色分離系と色合成系が必要であるため、光学系が複雑になって部品点数が多くなってしまい、コストが高くつくと共に小型化が困難である。また、単板式の投影型カラー画像表示方式では、三板式と比較すると、コストが安価で、小型化にも適しているが、カラーフィルタによる光の吸収や反射のため、入射光の約1/3しか利用できず、光の利用効率が悪くて表示画面が暗くなるという問題がある。

【0003】 (第1の従来例) このような問題を解決するため、図1に示すような構造の単板式の投影型カラー液晶表示装置1が提案されている。この装置においては、白色光源2から出射された白色光W、または球面鏡3で反射された白色光Wは、コンデンサレンズ4で平行光に変換され、この白色平行光はダイクロイックミラー5R、5G、5Bに入射される。3枚のダイクロイックミラー5R、5G、5Bは、それぞれ赤、緑、青の波長域の光を反射させるものであって、図2に示すように、白色光源2に近い側から順にダイクロイックミラー5R、5G、5Bがそれぞれ角度 θ だけずらして扇型に配置されている。

【0004】 しかして、3枚のダイクロイックミラー5R、5G、5Bに入射した白色光Wは、①ダイクロイックミラー5Rで反射される赤の光束、②ダイクロイックミラー5Rを通過し、ダイクロイックミラー5Gで反射され、再度ダイクロイックミラー5Rを通過して得られる緑の光束、③ダイクロイックミラー5R、5Gを通過し、ダイクロイックミラー5Bで反射され、再度ダイクロイックミラー5G、5Rを通過して得られる青の光束の3光束に分けられる。このとき、緑の光束は赤の光束に対して進行方向が 2θ の角度だけ傾いて出射し、青の光束は緑の光束に対して進行方向が 2θ の角度だけ傾いて出射される。

【0005】 ダイクロイックミラー5R、5G、5Bにより分割された赤、青、緑の各光束は、液晶表示素子6の光源側に配置されているマイクロレンズアレイ7にそれぞれ異なった角度で入射される。ここで、液晶表示素子6は、緑の光束が液晶表示素子面に垂直入射するように配置されている。マイクロレンズアレイ7を通過した各光束は、それぞれに対応した色信号が独立して印加される信号電極により駆動される各絵素開口に、各光束の

入射角度に応じて分配照射される。この装置では、吸収型のカラーフィルタを用いないので、光の利用効率が向上し、極めて明るい画像を提供することができる。

【0006】しかしながら、分光手段として上記のようなダイクロイックミラー5R、5G、5Bを用いたカラー液晶表示装置1においては、以下に述べるような原因により、画質の低下が招来されるという問題が生じている。

【0007】すなわち、この投影型カラー液晶表示装置1にあつては、図3に示すように、液晶表示素子6の光入射側に各絵素に対応したマイクロレンズの集合からなる1層のマイクロレンズアレイ7が設けられている。マイクロレンズアレイ7は、ガラス基板8にエッチングされた凹部内に高屈折率樹脂9を充填し、このガラス基板8と高屈折率樹脂9の界面に形成されている。ガラス基板8にマイクロレンズアレイ7を形成されたマイクロレンズアレイ基板10は、液晶表示素子6の光源側に接合されている。マイクロレンズアレイ7によって液晶表示素子6の信号電極11R、11G、11Bにより駆動される各絵素開口部に収束させられた各光束は、液晶表示素子6を通過した後、大きな角度範囲でそれぞれ拡散していく。このため、図1のように液晶表示素子6を透過した各色の光束の主光線をフィールドレンズ12によって屈折させ、投影レンズ13で収束させてスクリーン14上に画像を投影している。

【0008】しかしながら、この従来例では、カラーフィルタを用いたカラー液晶表示装置で用いられている投影レンズよりも大口径の投影レンズを用いなければ、光利用効率が低下し、画質の低下がもたらされ、コストも高くつくという問題があった。

【0009】(第2の従来例)そこで、上記投影型カラー液晶表示装置の光利用効率を向上させ、色純度の低下を防止して画像品質を向上させるための投影型カラー液晶表示装置が提案されている(特開平7-181487号、特開平9-90336号など)。この投影型カラー液晶表示装置の全体構成は、図1に示した第1の従来例とほぼ同じであるが、液晶表示素子6に設けたマイクロレンズアレイ13、14が2層になっているところに特徴がある。すなわち、この投影型カラー液晶表示装置に用いられている液晶表示素子6では、図4に示すように、光源側に用いられるガラス基板15の両面に平板型のマイクロレンズアレイ基板16、17を接合し、内面側のマイクロレンズアレイ基板17の表面に焦点距離調整用のカバーガラス(スペーサ)18を設け、ガラス基板15及びマイクロレンズ基板16、17に一体化されたカバーガラス18と光出射側のガラス基板20の間に液晶層21を封入する構造となっている。ここで、各マイクロレンズアレイ基板16、17は、レンズ基板22にレンズパターンを凹設し、このレンズパターンの凹部23内に高屈折率樹脂24を充填してレンズ基板22の

表面を平坦にし、レンズ基板22と高屈折率樹脂24の界面にマイクロレンズアレイ13、14を形成したものである。

【0010】しかして、図5に示すように、液晶表示素子6の光源側に配置されたマイクロレンズアレイ13は、液晶表示素子6における各色に対応する絵素開口部にそれぞれの色の光束を収束させる。このような各色の光束は、液晶表示素子6に対してそれぞれ異なる角度から照射されるので、マイクロレンズアレイ13により収束された後は、各光束の主光線の方向に応じて広がっていくとする。マイクロレンズアレイ14は、これら各色の光束の主光線が互いにほぼ平行となるようにして液晶表示素子6から出射させる。

【0011】この光源と反対側のマイクロレンズアレイ14は、フィールドレンズと同様の働きをするものであり、このように各色の光束の主光線を互いにほぼ平行にすることが可能になるので、投影手段として例えば小口径の投影レンズを用いた場合でも、全光束をほとんどカットすることなく、有効に利用することができる。したがって、光の利用効率を向上させてより明るく、かつ、ホワイトバランスのよいカラー画像を得ることができるようになる。また、大口径の投影レンズ等を使用する必要がなくなるため、製造コストの低減を実現できる。

【0012】つぎに、このような2層のマイクロレンズ13、14を備えたガラス基板15の製造方法を図6により説明する。まず、図6(a)に示すような所定厚みのレンズ基板22を準備し、図6(b)のように、レンズパターンと同じピッチで開口25をあけられたマスク26をレンズ基板22の表面に形成する。ついで、図6(c)に示すように、マスク26の開口25を通してレンズ基板22の火造り面に対して等方性エッチング処理を行なうことにより、レンズ基板22の表面に凹部23(レンズパターン)を形成する。火造り面とは、ガラス基板15をフュージョン法等で製造するにあたり、溶融ガラスを徐冷、成板した後の研磨していないそのまゝの表面をいう。上記凹部23には、図6(d)のように高屈折率樹脂24を充填し、表面をレベリングすることでレンズ部分とし、マイクロレンズアレイ基板16、17を製作する。この後、図6(e)に示すように、レンズ基板22のレンズ形成面と反対側の面を研磨し、マイクロレンズアレイ13、14の焦点距離等を設定値に合わせるべく厚み調整する。

【0013】上記のようにして作製されたマイクロレンズアレイ基板16、17は、図7に示すように、互いに光軸を位置合せしながらガラス基板15の両面に接合され、さらに一方のマイクロレンズアレイ基板17の表面にカバーガラス18を接合される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、2層のマイクロレンズアレイ13、14を有する従来のマイク

ロレンズアレイ基板では、上記のようにガラス基板15に2枚のマイクロレンズアレイ基板16、17を貼り合わせて製作されていたので、以下に述べるような理由から、光軸合せが難しく光学特性が悪く、製造が難しく、工程数が多くてコストが高つくという問題があった。

【0015】① マイクロレンズアレイどうしの位置決め困難

まず、別々に製作された平板型マイクロレンズアレイ13、14をガラス基板を介して貼り合わせているので、10 貼り合わせによる2枚のマイクロレンズアレイ13、14の位置決め(光軸合せ)が困難であり、事実上、量産が不可能であった。すなわち、2枚のマイクロレンズアレイ13、14の縦方向、横方向及び角度(回転方向)をすべて一致させなければならないが、レンズパターンが微細であるため、これが非常に難しく、精度の高い位置決め装置や貼合せ機が必要となる。

【0016】また、マイクロレンズアレイ13、14の貼り合わせを困難にしている最大の理由は、位置決めしななければならないレンズパターンの間にギャップがあることである。つまり、レンズパターンの間にギャップがあると、各層の屈折率差によって光学的な歪が生じ、位置決め用のアライメントマークの大きさが異なって見え、2つのマイクロレンズアレイ13、14に設けられているアライメントマークどうしの位置合せが困難になる。

【0017】さらに、重要なことは、ギャップによって生じる光学的な歪のため、レンズパターンに対して完全に垂直な方向からアライメントマークを見ないと、カメラが見ているアライメントマークは虚像となり、実際のアライメントマークはカメラの光軸上からずれた位置にあり、アライメントマークにたよって位置合せしても実際にはアライメントしたことになっていない。これがマイクロレンズアレイ13、14の位置決めを難しくする最大の要因となっている。例えて言うと、不透明なコップの底にコインを入れて斜め方向から見ると、コップに水を入れた場合と入れない場合とで、コインが見えたり見えなかったりすることがあるが、これは空気と水の屈折率差によるものである。微細な位置合わせでは、このわずかなマークの大きさの変化や実像と虚像の位置ずれが原因となり、位置決めが不可能になってしまう。

【0018】また、位置決めには通常カメラ(CCDカメラなど)を用いるが、マイクロレンズアレイ13、14では、アライメントマークにピントを合わせることが難しい。つまり、アライメントマークは一般的には比較的大きく描かれるものであるが、マイクロレンズアレイ13、14の余白部には限りがあるため、通常は小さなアライメントマークで位置の合わせ込みをしなければならないことが多い。微細なマークをカメラで見るときには焦点深度が浅くなるので、ピントの合う範囲が狭くな

る。そのため、マイクロレンズアレイ13、14が多少でも傾いたりすると、とたんにピントが合わせられなくなる。これらの理由からもマイクロレンズアレイ13、14の位置決めをすることは非常に難しいものであった。

【0019】② 貼合わせ時の異物や気泡の混入

マイクロレンズアレイ13、14どうしを、その間に均一なギャップ(空間)を保ったまま一体化することは困難であるから、ガラス基板15の両面にマイクロレンズアレイ13、14を隙間なく貼り合わせている。そのため、仮に2枚のマイクロレンズアレイ13、14が正確に位置合せされたとしても、マイクロレンズアレイ13、14とガラス基板15の間に1つでも異物を噛み込むと、マイクロレンズアレイ13、14が反って捻んだり、傾いたりするので、マイクロレンズアレイ13、14どうしの光軸がずれる。

【0020】また、マイクロレンズアレイ13、14とガラス基板15の間に部分的な空隙(例えば、空気などの混入による気泡)が発生すると、微細異物の混入の場合と同様、ガラス基板の両面に貼られたマイクロレンズアレイ13、14の光軸をずらすことになる。

【0021】さらに、異物や気泡を噛み込むと、そこに本来意図しない屈折率差を作り出すので、ここを通過する光束の光軸をずらす結果となる。

【0022】③ 歩留まりの低下

従来のマイクロレンズアレイ13、14の製造方法では、上記①及び②のような理由により、マイクロレンズアレイ基板製作の歩留まりが悪くなり、量産品として使用できるものはほとんど零に近くなり、実用化が困難であった。また、このような歩留まりの悪さは、製品単価を押し上げることになっていた。

④ 製造工数が多い

仮に、マイクロレンズアレイ基板製造の歩留まりが改善されたとしても、従来の製造方法では、別々に製作したマイクロレンズアレイ13、14をそれぞれ研磨してガラス基板の両面に貼り合わせているので、製造工数が多くなると共に研磨作業に時間が掛かる。さらに、微細なレンズパターンの位置決めに多くの時間を要するため、製造効率が悪くて量産性が低かった。

【0023】なお、上記のような問題点は、ガラス基板を介することなくマイクロレンズアレイどうしを直接に接合した構造のマイクロレンズアレイ基板にも言えることである。

【0024】本発明は上述の技術的問題点を解決するためになされたものであり、マイクロレンズアレイ基板製造時に、マイクロレンズアレイどうしの光軸合せを簡単にし、また製造工程も簡略化することを目的とするものである。

【0025】

【発明の開示】本発明(請求項1)のレンズアレイ基板

は、複数層のレンズアレイを備えたレンズアレイ基板であって、複数の透光性樹脂層が積層され、互いに屈折率の異なる透明樹脂層どうしの境界面によりレンズアレイが形成されたものである。

【0026】このレンズアレイ基板は、複数のレンズアレイを貼り合わせることなく、透光性樹脂層を積層一体化することによって製作することができる。

【0027】具体的には、請求項5に記載しているように、未硬化の樹脂材料に第1のスタンプを押圧した状態で当該樹脂材料を硬化させて第1の透光性樹脂層を成形する工程と、第1の透光性樹脂層の上に当該透光性樹脂層と屈折率の異なる未硬化の樹脂材料を供給し、この透光性樹脂層に第2のスタンプを押圧した状態で当該樹脂材料を硬化させて第2の透光性樹脂層を成形し、第1及び第2の透光性樹脂層の境界面にレンズアレイを形成する工程と、第2の透光性樹脂層の上に当該透光性樹脂層と屈折率の異なる未硬化の樹脂材料を供給し硬化させて第3の透光性樹脂層を成形し、第2及び第3の透光性樹脂層の境界面に別なレンズアレイを形成する工程とによって製作することができる。さらに、この工程の繰返しにより3層以上のレンズアレイを形成することもできる。

【0028】透明樹脂層の屈折率が互いに異なっているとは、例えば3層の透光性樹脂層を考え、その屈折率を順に n_1 、 n_2 、 n_3 とすると、 $n_1 < n_2 < n_3$ のように順に大きくなっていてもよく、 $n_1 < n_2 > n_3$ のように交互に大小を組み合わせてもよい。従来のようにガラス基板の凹部に高屈折率の樹脂を流し込むことによってレンズアレイが製作されていると、設計に自由度がないが、本発明のように成形によって複数層のレンズアレイを製作する場合には、自由に屈折率の組み合わせを変えることができ、レンズアレイ基板の設計自由度が高くなる。

【0029】本発明のレンズアレイ基板及びその製造方法にあつては、各透光性樹脂層を成形していく際に自動的にレンズアレイが位置合せされた状態でできていく。よって、よって、従来のようにマイクロレンズアレイを貼り合わせる際の位置決めが不要となり、高精度のレンズ位置合わせが可能になる。その結果、良好な精度及び光学的特性を有するレンズアレイ基板を量産可能になる。

【0030】また、成形によって複数層のマイクロレンズアレイができるので、貼り合わせによる方法のように透光性樹脂層間などに異物が混入したり、気泡が入ったりしにくく、不良品発生率が低下し、マイクロレンズアレイ基板の歩留りが向上する。さらに、貼り合わせ法のように硬質の基板どうしを貼り合わせる場合には、異物や気泡が混入するとマイクロレンズアレイ基板全体の不良となるが、未硬化の樹脂を重ねていくので、仮に異物や気泡が入っても部分的な不良にとどまる。

【0031】さらに、本発明の製造方法によれば、高精度の加工や位置決めが必要ないので、製造工程が少なく、製造設備も簡単になり、コストを安価にすることができる。

【0032】特に、請求項6に記載したように、前記第1のスタンプと第2のスタンプ（さらに好ましくはすべてのスタンプ）が同一のスタンプであれば、請求項3に記載したようにレンズアレイの立体形状がいずれも同一となり、成形時にスタンプの取り替え作業が必要ないので、より一層レンズアレイどうしの位置合せ作業を高精度に行なうことができる。なお、この場合には、各レンズアレイの焦点距離は、各透光性樹脂層の屈折率比によって調整することになる。

【0033】また、請求項2に記載しているように、隣り合うレンズアレイの間には、1層の透光性樹脂層のみ存在することが望ましい。これによって構造を簡単にでき、マイクロレンズアレイを薄くすることができる。また、レンズアレイ間に1層の透光性樹脂層しか存在しなければ、マイクロレンズアレイ基板内に不要な結合面が生じることがなく、マイクロレンズアレイ基板の設計において、その設計やシミュレーションを容易にすることができる。

【0034】また、レンズアレイは、請求項4に記載したように、複数のレンズ面を緻密に配列したものが望ましい。レンズ面を隙間なく緻密に形成してあれば、レンズアレイ基板に入射した光をすべて利用することができ、光の利用効率を向上させることができる。

【0035】本発明のマイクロレンズアレイは、透過型の画像表示装置（請求項7）や反射型の画像表示装置（請求項8及び9）に用いることができる。ここで、空間変調素子とは、液晶表示パネルに代表されるものであるが、これに限らず、多数の微小なミラーを備えたDM D (digital mirror device) なども含まれる。

【0036】本発明のレンズアレイ基板をこれらの画像表示装置に利用することにより、画像表示装置の光学的特性を向上させることができると共に、そのコストも安価にすることができる。

【0037】

【発明の実施の形態】図8は本発明の一実施形態による投影型カラー液晶表示装置31の全体の構造を示す断面図、図9は当該カラー液晶表示装置31に用いられている液晶表示素子32及びマイクロレンズアレイ33、34を示す断面図である。この投影型カラー液晶表示装置31においては、白色光源35の背後に球面鏡36が設けられており、球面鏡36の中心が、白色光源35における発光部の中心と一致するように配置されている。白色光源35の前面にはコンデンサレンズ37が設けられており、コンデンサレンズ37は、その焦点が白色光源35の発光部の中心と一致するように配置されている。しかして、白色光源35から出射された白色光束W、あ

るいは白色光源35から出射され球面鏡36で反射された白色光束Wは、コンデンサレンズ37を透過することにより、略平行な白色光束Wとなる。

【0038】ここで、コンデンサレンズ37を透過した後の白色光束Wの、アーク長方向（図8において紙面に垂直な方向）の平行度 θ_a 、アーク径の方向（図8において紙面に平行な方向）の平行度 θ_b は、次式から求められる。

$$\theta_a = \arctan (L/fc) \quad \dots(1)$$

$$\theta_b = \arctan (\Phi/fc) \quad \dots(2)$$

ただし、L及び Φ は白色光源35のアーク長及びアーク径、fcはコンデンサレンズ37の焦点距離である。

【0039】また、白色光源から平行光束を得る手段としては、上記の構成に限らず、例えば回転放物面鏡を用いる方法、回転楕円面鏡とインテグレータを使用する方法等が適宜選択される。

【0040】コンデンサレンズ37の前方には、3種のダイクロイックミラー38R、38G、38Bがそれぞれ異なる角度で配置されている。ダイクロイックミラー38R、38G、38Bは、それぞれ赤、緑、青の色に
20 対応する各波長域の光を選択的に反射し、他は透過する特性を有し、この順に光軸上に配置されている。以下、符号のR、G、Bはそれぞれ赤、緑、青の各色を表わすものとする。

【0041】青、緑、赤の波長域とは、それぞれ400～495nm、約495～575nm、約570～700nmの波長域を示す。ただし、これらの各波長域の光を全て利用すればスクリーン照度は高くなるが、各原色の色純度は低下するので、色純度を重視する場合には、495nm付近及び575nm付近の光をカットする場
30 合もある。

【0042】ダイクロイックミラー38R、38G、38Bは、周知の多層薄膜コーティング技術により形成される。赤のダイクロイックミラー38Rは約600nmより長波長の可視光を反射するように多層薄膜の条件が設定され、青のダイクロイックミラー38Bは約500nmより短波長の可視光を反射するように多層反射膜の条件が設定され、緑のダイクロイックミラー38Gは約570nm～500nmの範囲の可視光を反射するよう
40 に多層薄膜の条件が設定されている。また、いずれのダイクロイックミラー38R、38G、38Bも赤外線透過するように設計すれば、赤外線が液晶表示素子32に到達しなくなるので、液晶表示素子32の温度上昇を低減するのに効果的である。

【0043】3枚のダイクロイックミラー38R、38G、38Bの中で、白色光源35に一番近い所に設けられたダイクロイックミラー38Rは、白色光源35からの光束が例えば30°前後で入射するように配置されている。その他のダイクロイックミラー38G、38Bは、上記ダイクロイックミラー38Rに対してそれぞれ
50

平行な状態から、図において紙面に垂直な方向の軸を回転軸として、角度 θ ずつ順次傾けて配置されている。この相対的な角度 θ は、後述する液晶表示素子32の絵素配列ピッチP及び液晶表示素子32に設けられたマイクロレンズアレイ33、34の焦点距離 f から求めることができる。

【0044】しかし、コンデンサレンズ37を透過した平行な白色光束Wは、ダイクロイックミラー38R、38G、38Bに入射し、赤の光束、緑の光束、青の光束に分解されて液晶表示素子32に設けられたマイクロ
10 レンズアレイ33、34に入射する。ダイクロイックミラー38R、38G、38Bを上記のように θ ずつ傾けて配置してあると、赤波長域、緑波長域、青波長域のそれぞれの光束がマイクロレンズアレイ33、34に対してそれぞれ角度 2θ ずつずれて入射する。

【0045】この実施形態では、図8に示すように、緑の光束が、マイクロレンズアレイ33、34に垂直入射し、赤及び青の各光束は、この緑の光束を中心に図において紙面と平行な方向に対称に位置するように、角度が
20 つけられている。この赤、青、緑の順番は、白色光源35のスペクトル分布及びダイクロイックミラー38R、38G、38Bの特性を考慮して決定され、必ずしも図8に示す順序に限るものではない。

【0046】液晶表示素子32は、ガラス基板39とマイクロレンズアレイ基板40を有しており、図9に示すように、ガラス基板39とマイクロレンズアレイ基板40の間に液晶層41が封入されている。光出射側に位置するガラス基板39の内面には、液晶層41を相変化させるためのストライプ状の信号電極42R、42G、42Bが形成されている。また、光入射側に位置するマイクロ
30 レンズアレイ基板40の内面には、上記信号電極42R、42G、42Bと直交する走査電極43が設けられている。この信号電極42R、42G、42B及び走査電極43は、透明電極（ITO膜）によって形成されている。

【0047】マイクロレンズアレイ基板40には、2層のマイクロレンズアレイ33、34が設けられている。このマイクロレンズアレイ基板40は、2枚のベースガラス（ガラス基板）44、45間に互いに屈折率の異なる3層の透明なレンズ樹脂層46、47、48を挟み込んだものであり、屈折率の異なるレンズ樹脂層46、47、48間の界面がレンズパターン形状に成形されており、互いに屈折率の異なるレンズ樹脂層46、47間の界面によって第1のマイクロレンズアレイ33が形成され、互いに屈折率の異なるレンズ樹脂層47、48間の界面によって第2のマイクロレンズアレイ34が形成されている。ここで、マイクロレンズアレイ33、34のレンズパターンは、球面レンズ状、蜂の巣（六角レン
40 ズ）状、あるいはかまぼこ形レンズ状（レンチキュラーレンズ）でもよい。

【0048】光源側に位置するマイクロレンズアレイ33を構成する各レンズの光軸と光源と反対側に位置するマイクロレンズ34を構成する各レンズの光軸は互いに平行となっており、マイクロレンズアレイ33と34の対向する各レンズの光軸は互いに一致するようになっている。

【0049】この液晶表示素子32では、ダイクロイックミラー38R、38G、38Bによって白色光束Wを分光しているため、カラーフィルタは必要なく、光利用効率が高くなる。また、各色ごとに対応する映像信号が信号電極42R、42G、42Bに印加される。なお、図9においては、液晶表示素子32の構成要素である偏光板、配向膜等を簡略化のため省略している。

【0050】しかして、図10に示すように、マイクロレンズアレイ33に所定方向から平行光束を照射すると、マイクロレンズアレイ33は、レンズパターンピッチに対応する間隔で、各色の光束を第2のマイクロレンズアレイ34の出射側近傍に点状に集光する。この集光スポット幅Wは、第1のマイクロレンズアレイ33の焦点距離を $f\mu$ とすると、上記白色光源35の平行度 θ に対して、下記の(3)式ようになる。

$$W = f\mu \times \tan(\theta) \quad \dots(3)$$

この(3)式に前記(2)式を代入すると、

$$W = (f\mu \times \Phi) / f_c \quad \dots(4)$$

となる。走査電極43及び液晶層41の厚みは、第1のマイクロレンズアレイ33の焦点距離 $f\mu$ に比べて微小であるため、この部分の厚さは無視でき、この集光スポット幅Wがそのまま信号電極42R、42G、42Bに照射される各光束の幅 W_e であると考えてよい。

【0051】また、各ダイクロイックミラー38R、38G、38Bの相対的な角度は、絵素配列ピッチをP、マイクロレンズアレイ33の焦点距離を $f\mu$ 、各光束の入射角の差を 2θ とすると、

$$P = f\mu \times \tan(2\theta) \quad \dots(5)$$

の関係を満たせば、最初の集光ライン(3種のダイクロイックミラー38R、38G、38Bのうち、白色光源35に最も近い位置に配設されたダイクロイックミラー38Rで反射した光による集光ライン)に対して、順次他の集光ラインがそれぞれ上記のピッチ分だけずれた位置に形成される。これにより、マイクロレンズアレイ33を構成するマイクロレンズ一つに対応する隣接した3個の信号電極42R、42G、42Bに、各々対応する色の集光ラインが収まるようになっている。

【0052】なお、マイクロレンズアレイ34の焦点距離も、光源側のマイクロレンズアレイ33と同じ焦点距離 $f\mu$ に設定されている。

【0053】上記液晶表示素子32における光出射方向の前方には、図8に示すように、投影手段としてのフィールドレンズ49及び投影レンズ50が設けられており、さらに、この投影レンズ50の前方には、スクリー

ン51が設けられている。フィールドレンズ49の焦点距離はフィールドレンズ49及び投影レンズ50間の距離に設定されており、液晶表示素子32から出射された各色の光束は、上記フィールドレンズ49によって投影レンズ50の設けられている位置に収束され、この投影レンズ50によりスクリーン51に投影される。なお、上記フィールドレンズ49を用いず、液晶表示素子32から直接投影レンズ50に光を入射するような構成とすることも可能である。

【0054】しかして、白色光源35からダイクロイックミラー38R、38G、38Bに向かって白色光を照射すると、ダイクロイックミラー38R、38G、38Bが各々異なる色の光束をそれぞれ反射することにより、白色光が三原色に分解される。各色の光束は、図10に示すように、ダイクロイックミラー38R、38G、38Bが配置された角度に応じて、上述のように各々異なる角度で、第1のマイクロレンズアレイ33に入射する。

【0055】このマイクロレンズアレイ33からの光は、マイクロレンズアレイ34を介して、各色に対応する信号電極42R、42G、42Bに集光されるが、このとき、信号電極42R、42G、42Bをその上に集光される色に対応した映像信号でそれぞれ駆動すると、各色の光束はその信号に応じて強度が変調される。変調後の光束は、上記フィールドレンズ49及び投影レンズ50を通過した後、スクリーン51に投影され、このスクリーン51上でカラー映像表示が行われる。

【0056】ところで、従来の投影型カラー液晶表示装置(第1の従来例)では、垂直入射以外の赤、青の2光束の光軸(主光線)が、液晶表示素子32を出射した後も 2θ の角度をもって伝搬してしまうため、これらを全て捕捉し投影するためには、大口径の投影レンズが必要であった。しかしながら、この実施形態の投影型カラー液晶表示装置31では、出射光の拡がりを小さくするため、第2のマイクロレンズアレイ34が設けられている。また、第1のマイクロレンズアレイ33の焦点距離は、この第2のマイクロレンズアレイ34の出射側近傍に第1のマイクロレンズアレイ33から出射された光束の焦点が位置するよう、上記(5)式の関係を満たすように設定されている。

【0057】このように配置された第2のマイクロレンズアレイ34は、フィールドレンズ49と同様の機能を果たし、各色の光束の光軸を互いに平行化することにより、その出射方向を液晶表示素子32に対して垂直にし、液晶表示素子32からの出射光の広がり角を小さくすることができる。したがって、小口径の投影レンズ50を用いた場合でも、全光束を有効に利用することができる。これにより、光利用効率が高く、ホワイトバランスの良いカラー画像を得ることが可能になると共に、コストアップの原因となっていた高価な大口径のレンズを

用いなくてもよくなることから、投影型カラー液晶表示装置31全体としてのコストアップを回避することが可能になる。

【0058】なお、マイクロレンズアレイ33、34の焦点距離を調整する方法としては、つぎのようにすればよい。まず第1の方法は、マイクロレンズアレイ33、34を構成するレンズ樹脂層46、47、48の屈折率を変えればよい。例えば図11(a)は屈折率が n_1 、 n_2 ($n_1 < n_2$) のレンズ樹脂層46、47の界面にマイクロレンズアレイ33を形成しているが、図11(b)のように、この屈折率 n_2 のレンズ樹脂層47をより大きな屈折率 n_3 ($> n_2$) のものに代えると、マイクロレンズアレイ33の焦点距離を短くすることができる。第2の方法としては、マイクロレンズアレイ33、34の曲率を変えればよい。例えば図12(a)は屈折率が n_1 、 n_2 ($n_1 < n_2$) のレンズ樹脂層46、47の界面に曲率半径が r_1 のマイクロレンズアレイ33を形成しているが、図12(b)のように、このマイクロレンズアレイ33をより小さな曲率半径 r_2 ($< r_1$) にすれば、マイクロレンズアレイ33の焦点距離を短くすることができる。

【0059】(マイクロレンズアレイ基板の製造方法) つぎに、上記マイクロレンズアレイ基板40の製造方法を図13及び図14(a)～図16(i)により説明する。これは、紫外線照射により硬化する紫外線硬化型樹脂を用いた、いわゆる2P(Photo-Polymerization)法により、2枚のベースガラス44、45間に2層のマイクロレンズアレイ33、34を成形する方法である。

【0060】まず、図13に示すように、成形機の下側テーブル52の上面にベースガラス44を置き、下側テーブル52内の吸着チャック53でベースガラス44の下面の空気を排気することにより下側テーブル52の上面にベースガラス44を吸着させる。同様に、成形機の上側テーブル54の下面にスタンパ57を重ね、上側テーブル54内の吸着チャック55からスタンパ57の上面の空気を排気することにより上側テーブル54の下面にスタンパ57を吸着させる。この上側テーブル54はガイド機構(図示せず)によって位置ずれのないよう精密に上下するようになっている。

【0061】ついで、図14(a)に示すように、透明なベースガラス44の上に流動性のある透明な紫外線硬化型樹脂56を供給した後、紫外線硬化型樹脂56の上からベースガラス44へ向けてスタンパ57を降下させる。このスタンパ57の下面には、マイクロレンズアレイ33、34のレンズパターンと合致する反転パターン58が形成されている。このスタンパ57をベースガラス44に十分に押し付けてスタンパ57とベースガラス44の間に紫外線硬化型樹脂56を挟み込み、紫外線硬化型樹脂56をスタンパ57とベースガラス44の間に押し広げてスタンパ57の反転パターン58で紫外線硬

化型樹脂56を型押しした後、そのままの状態を保持し、ベースガラス44を通して紫外線硬化型樹脂56に紫外線ランプ等によって紫外線(UV光)を照射する[図14(b)]。

【0062】紫外線を照射された紫外線硬化型樹脂56は、紫外線を浴びると硬化反応を起こして硬化するので、紫外線硬化型樹脂56にスタンパ57の反転パターン58が転写成形される。スタンパ57を上昇させて紫外線硬化型樹脂56から分離すると、硬化した紫外線硬化型樹脂56によってベースガラス44の上にレンズ樹脂層46が成形されると共に当該レンズ樹脂層46の表面にマイクロレンズアレイ33のパターンが成形される[図14(c)]。

【0063】ついで、硬化したレンズ樹脂層46の上に、レンズ樹脂層46とは屈折率が異なり流動性のある透明な紫外線硬化型樹脂59を供給した後、紫外線硬化型樹脂59の上からレンズ樹脂層46へ向けて上記スタンパ57を再度降下させる[図15(d)]。このスタンパ57をレンズ樹脂層46に十分に押し付けてスタンパ57とレンズ樹脂層46の間に紫外線硬化型樹脂59を挟み込み、スタンパ57の反転パターン58で紫外線硬化型樹脂59を型押しして紫外線硬化型樹脂59をスタンパ57とレンズ樹脂層46の間に押し広げた後、そのままの状態を保持し、ベースガラス44及びレンズ樹脂層46を通して紫外線硬化型樹脂59に紫外線ランプ等によって紫外線(UV光)を照射する[図15(e)]。

【0064】紫外線を照射された紫外線硬化型樹脂59は、紫外線を浴びると硬化反応を起こして硬化するので、紫外線硬化型樹脂59にスタンパ57の反転パターン58が転写成形される。スタンパ57を上昇させてスタンパ57を紫外線硬化型樹脂59から分離すると、硬化した紫外線硬化型樹脂59によってレンズ樹脂層46の上にレンズ樹脂層47が成形される。そして、レンズ樹脂層46とレンズ樹脂層47の界面にマイクロレンズアレイ33が形成されると共にレンズ樹脂層47の表面にマイクロレンズアレイ34のパターンが成形される[図15(f)]。

【0065】さらに、硬化したレンズ樹脂層47の上に、レンズ樹脂層47とは屈折率が異なり流動性のある透明な紫外線硬化型樹脂60を供給した後、上側テーブル54の下面にベースガラス45を吸着させ、紫外線硬化型樹脂60の上からレンズ樹脂層47へ向けてベースガラス45を真っ直ぐに降下させる[図16(g)]。このベースガラス45をレンズ樹脂層47に十分に押し付けてベースガラス45とレンズ樹脂層47の間に紫外線硬化型樹脂60を挟み込み、ベースガラス45で紫外線硬化型樹脂60の表面を平らにならして紫外線硬化型樹脂60をベースガラス45とレンズ樹脂層47の間に押し広げた後、そのままの状態を保持し、ベースガラス

44及びレンズ樹脂層46、47を通して紫外線硬化型樹脂60に紫外線ランプ等によって紫外線(UV光)を照射する[図16(h)]。

【0066】紫外線を照射された紫外線硬化型樹脂60は、紫外線を浴びると硬化反応を起こして硬化する。この結果、紫外線硬化型樹脂60によってレンズ樹脂層47とベースガラス45の間にレンズ樹脂層48が成形されると共にレンズ樹脂層47とレンズ樹脂層48の界面にマイクロレンズアレイ34が成形される。

【0067】こうして図16(i)のような構造のマイクロレンズアレイ基板40が製造される。このマイクロレンズアレイ基板40の内面(ベースガラス45の表面)には液晶層41を駆動するための走査電極43等を形成するので、ここには高度な平面性が求められる。そのため図16(h)の工程で上側テーブル54によりベースガラス45を押圧することにより、液晶用基板に要求される平面性を損ねる程度にベースガラス45のうねりが大きくなる場合には、最後にベースガラス45の研磨工程を追加してもよい。研磨する場合には、予め研磨される分だけ厚みの大きなベースカバー45を使用する。

【0068】また、この製造工程では、上側テーブル54の下面に吸着されるスタンプ57及びベースガラス45と、下側テーブル52の上面に吸着されるベースガラス44の位置決めは、ある程度の精度でよい。上側テーブル54の下面に吸着されていたスタンプ57をベースガラス45に取り替えるまでは、スタンプ57とベースガラス44の相対位置は変化せず、マイクロレンズアレイ33のパターンとマイクロレンズアレイ34のパターンは同一のスタンプ57によって成形されるので、スタンプ57とベースガラス44、45の位置決めがある程度の精度であっても、マイクロレンズアレイ33とマイクロレンズアレイ34とはぴったりと一致することになる。

【0069】スタンプ57やベースガラス44の位置決めがある程度の精度でよいのは、マイクロレンズアレイ基板40を製作する際には、1基板ずつ製作するわけではなく、多くの場合、上記のようにしてマイクロレンズアレイ基板40をラフに作製した後、予めスタンプ57に作り込んであったマーカを基準にしてマイクロレンズアレイ基板40の外形をカットし、さらに必要に応じてマイクロレンズアレイ基板40を所定枚数にカットして使用するからである。ただし、この場合にはマイクロレンズアレイ33、34の焦点距離の調整は、各レンズ樹脂層の屈折率によって行なうことになる。

【0070】なお、マイクロレンズアレイ33及び34の焦点距離を各レンズパターンの曲率半径によって調整する場合には、2種類のスタンプを用いる必要があるが、その場合には、上側テーブル54に位置決め手段を設けてスタンプの位置決めだけを精密に行なう必要があ

る。また、レンズ樹脂層46、47、48を成形するための樹脂材料としては、紫外線硬化型樹脂以外の光硬化型樹脂、電子線硬化型樹脂、熱硬化型樹脂などでもよい。もっとも、製造上の扱い易さと生産性の点で、いまのところ紫外線硬化型が勝っている。

【0071】(スタンプの製造方法) つぎに、上記スタンプ57の製造方法を図17に示す。まず、図17

(a)に示すような平板状のガラス板61を用意し、図18に示すようにガラス板61の表面に、結像レンズ62で集光させたレーザー光を照射し、レーザー加工(レーザーリソグラフィ)により2点鎖線で示す深さまでガラス板61を蒸発除去し、ガラス板61の表面に所望の凹凸パターン63(すなわち、マイクロレンズアレイ33、34のレンズパターンと同じ形状であって、予めレーザー加工装置を制御するコンピュータに記憶させている)を形成する[図17(b)]。ガラス板61の表面に所望のレンズパターン63を形成してガラス板61からなる原盤64を作製した後、原盤64の上にニッケルを堆積させ、ニッケル電鍍法により原盤の反転型であるニッケルマスタ65を作製し[図17(c)]、ニッケルマスタ65を原盤64から剥離する[図17

(d)]。ニッケル電鍍法によりニッケルマスタ65を作製する際には、その準備として原盤64を例えば蒸着法あるいは無電解メッキ法で導電化しておき、導電化された原盤64の表面を陰極とし、例えばスルファミン酸ニッケル浴で電気メッキしてニッケルマスタ65を作製する。

【0072】このニッケルマスタ65をさらにニッケル電鍍法で複製したものをスタンプ57とする。ニッケルマスタ65を複製する場合には、ニッケルマスタ65の表面に例えば重クロム酸カリ溶液で酸化膜を作った後、再びニッケル電鍍法により凸凹が反転したスタンプ57(原盤の複製)を作製する[図17(e)]。

【0073】また、スタンプ57を作製するには、図19(a)～(e)に示すように、ガラス板61の表面に塗布されたレジスト68をレーザー加工することによって原盤64を作製してもよい。レジスト68を使用する場合には、ガラス板61とレジスト68の密着剤として、例えばシランカップリング剤をガラス板61の表面に塗布しておき、レーザー加工した後、露光、現像及び洗浄の工程を経て、レジスト68による凹凸パターン63がガラス板61の表面に形成される[図19(a)(b)]。この後の処理は、図17(c)以下と同様に行う[図19(c)～(e)]。

【0074】本実施形態にあつては、上記のようにしてマイクロレンズアレイ基板40を製作しているので、以下に示す①～④のような効果が得られる。

① 位置決め不要で、かつ、精度の高いレンズ位置合わせができる。上記実施形態から分かるように、マイクロレンズアレイを成形するためのスタンプとレンズ樹脂層

を積層していく基板となるベースガラスは、成形機の上側テーブルと下側テーブルにそれぞれ吸着されて動かない。つまり、マイクロレンズアレイを複数層積層しても複数層の各マイクロレンズアレイの位置がずれることがない。従って、特別に位置決めをしなくとも、従来の貼り合わせ法により製造されたマイクロレンズアレイ基板とは比較にならないくらい高精度のレンズ位置合わせが可能になる。

【0075】㉔ 貼合わせでは事実上、不可能だった量産が可能となる。上記のように、高精度の位置決めを行なわなくても精度の高いレンズ位置決めを行なえるので、マイクロレンズアレイの量産が可能になる。

㉕ 不良品発生率が低下し、歩留りが向上する。従来の貼り合わせ法によるマイクロレンズアレイ基板では、異物や気泡を挟み込むと、マイクロレンズアレイとしての特性を満たせなくなり、マイクロレンズアレイ基板そのものが不良品となってしまふ。これに対し、本発明のマイクロレンズアレイ基板では、ベースガラス間に納まる大きさ（厳密には、ベースガラスとスタンプの間の大きさ）であれば、仮にレンズ樹脂層間などに異物や気泡が混入しても、その部分のレンズ単体は欠陥部分となっても、マイクロレンズアレイ基板全体が不良品になることはない。なぜなら、スタンプで押圧されるレンズ樹脂層（紫外線硬化型樹脂など）は、硬化前には流動性のよいもので、レンズ樹脂層間やレンズ樹脂層とベースガラスの間に異物や気泡を挟み込んだとしても、その部分に異物や気泡が混入するだけで他の部分に影響を及ぼさない（つまり、マイクロレンズ基板全体の反りや傾き、膨れなどにならない）からである。

【0076】もちろん、許容される異物や気泡の大きさには限度がある。マイクロレンズアレイ基板は光学部品であるから、投影型カラー液晶表示装置などの最終製品となったときに欠陥と認められるようなものは、マイクロレンズアレイ基板としても欠陥品である。これには個々の製品仕様によるが、少なくとも従来の製法のように、数ミクロンの異物や気泡など微小な欠陥まで許容されない訳ではない。

【0077】㉖ 製造工数が少ない

本発明によるマイクロレンズアレイ基板の製造方法によれば、レンズ位置決めに高い精度を要求されず、そのため製造工程においても非常に工数の多い工程が存在しない。また、スタンプによる単層マイクロレンズアレイ基板の製造方法と比較しても、スタンプで樹脂を押圧して硬化させる工程を繰り返すだけでよく、製造工数はほぼ同等である。また、マイクロレンズアレイ基板の製造設備も、単層のマイクロレンズアレイ基板を製造できる装置であれば、屈折率の異なる樹脂の供給できるようにするだけでよく、ほぼそのままの製造装置により多層のマイクロレンズアレイを作製することができる。よって、従来方法のように貼合せ装置が必要なく、設備コストが

安価になる。

【0078】㉗ マイクロレンズアレイ基板に結合面が少なく、設計の負担が減少する。このマイクロレンズアレイ基板における複層化の構造設計で最も重要な点は、レンズ樹脂層間の屈折率比および各マイクロレンズアレイのレンズ曲率である。この構造設計は、結合面（屈折率の違う材質の境界面）が多くなれば、それだけ設計やシミュレーションが複雑になる。具体的に言うと、図4のような構造の従来のマイクロレンズアレイ基板では、第1及び第2のマイクロレンズアレイ（パターン）間には、高屈折率樹脂、ガラス基板、レンズ基板（ガラス）が存在しているのに対し、この実施形態のマイクロレンズアレイ基板では、マイクロレンズアレイ間には、レンズ樹脂層が1層存在するだけで、簡単な構造となっている。

【0079】なお、上記実施形態では2層のマイクロレンズアレイを成形する方法について説明したが、本発明の方法は、3層以上のマイクロレンズアレイを成形する場合にも適用することができる。

【0080】（第2の実施形態）つぎに、マトリックス状に配置された矩形絵素をスイッチングするアモルファス・シリコン半導体薄膜トランジスタを介してダイナミック表示駆動される周知のツイステッド・ネマティックモード（TN）のアクティブ・マトリックス型液晶表示素子を用いた実施形態を説明する。

【0081】この実施形態の液晶表示素子では、図20（a）に示すように絵素配列がデルタ配列になっており、各絵素に対応する各絵素電極71R、71G、71Bがデルタ配列をなし、絵素電極71R、71G、71Bを示していない部分は遮光層である。

【0082】絵素配列が、上記のようなデルタ配列の場合、マイクロレンズアレイとしてレンチキュラーレンズを用いるのは不適當である。すなわち、この場合には、図20（a）に示すように、方形のマイクロレンズ72をレンガ積み状に配置したマイクロレンズアレイや、個々のマイクロレンズの形状は、必ずしもそれに対応する絵素の粗の形と相似形である必要はないため、同図（b）及び（c）に示すように、球面レンズの外周部が相互に融合した六角形のマイクロレンズ73を稠密に配列した蜂の巣状のマイクロレンズアレイが用いられる。

【0083】図20（a）及び（c）に示す場合、一つのマイクロレンズ72（あるいは73）により集光される三原色の集光スポットは横一列に並び、1つのマイクロレンズ72（あるいは73）が横一列に並んだ三個の絵素電極71R、71G、71Bに対応するように、絵素配列とマイクロレンズアレイの相対的な位置関係が設定されている。一方、同図（b）に示す場合には、一つのマイクロレンズ73により集光される三原色の各集光スポットが、それぞれ三角形の頂点を形成するように並び、一つのマイクロレンズ73がそれぞれ三角形の頂点

となるように並んだ3個の絵素電極71R、71G、71Bが対応するように、絵素配列とマイクロレンズアレイの相対的な位置関係が設定されている。

【0084】このように一組の集光スポットが三角形形状に照射される場合には、ダイクロイックミラーは、その画法線の方角を傾けるように配置する。これにより、マイクロレンズの光軸と各色の入射光のなす角は小さくなるので、マイクロレンズアレイの収差が低減される。

【0085】このような液晶表示素子に用いられる2層のマイクロレンズアレイ、あるいはマイクロレンズアレイ基板としては第1の実施形態で説明したような構造のものを用いることができる。また、そのマイクロレンズアレイ基板も第1の実施形態で説明した製造方法と同様に製造することができる。

【0086】(第3の実施形態)つぎに、本発明のさらに別な実施形態を説明する。図21は反射型カラー液晶表示装置に用いられるマイクロレンズアレイ付きの反射型液晶表示素子81の断面図である。また、図22はそのレンズ部分と画素の配列を示す図である。反射型液晶表示素子81は、マイクロレンズアレイ基板40とガラス基板82の対向面にそれぞれ透明な走査電極83と反射電極84R、84G、84Bを形成し、その間に液晶層85を充填して周囲をシール材86によって封止している。

【0087】マイクロレンズアレイ基板40は、透明で互いに屈折率の異なる3層のレンズ樹脂層46、47、48をベースガラス44、45間に挟み込んだものであって、レンズ樹脂層46、47、48の界面にマイクロレンズアレイ33、34が形成されている。このマイクロレンズアレイ基板40は、第1の実施形態において説明したものと同一のものであるから、詳細な構造や製造方法は説明を省略する。

【0088】このようなマイクロレンズアレイ基板40においては、図25に示すように、第1のマイクロレンズアレイ33は各色の光束を集光し、第2のマイクロレンズアレイ34は、第1のマイクロレンズアレイ33を透過した各光束の主光線が対応する反射電極84R、84G、84Bに垂直に入射するように屈折させる。反射電極84R、84G、84Bに垂直に光束が照射されることにより、反射電極84R、84G、84Bで反射した光束はもとのレンズ部分を通して反射型液晶表示素子81の前面から出射される。

【0089】また、マイクロレンズアレイ33、34を構成する個々のレンズ部分には、反射電極84R、84G、84Bの中心が3角形の頂点位置に均等に配列されている。この配列にあつては、図22に点線で示すように赤(R)、青(B)、緑(G)の各画素(反射電極84R、84G、84B)が複数のレンズ部分にわたって直線状に配列されている。

【0090】また、レンズ部分と反射電極84R、84

G、84Bの配列については、図23に示すように、赤(R)、青(B)、緑(G)の各画素を直線状に配列するとともに1つのレンズ部分内に収めるようにしてもよい。あるいは、図24に示すように、レンズ部分の輪郭形状を六角形でなく四角形にしてもよい。

【0091】しかして、ダイクロイックミラーによって三原色に分解された光束は、図21に示すように、異なる角度でマイクロレンズアレイ基板40に入射し、第1のマイクロレンズアレイ33で絞られ、第2のマイクロレンズアレイ34で屈折されて反射電極84R、84G、84Bに垂直に入射させられ、反射電極84R、84G、84Bで反射した光束は入射時と同一の光路をたどって元の方向へ出射する。こうして、マイクロレンズアレイ33、34の各レンズ部分の中心から各光束が入射すれば、この入射光束に対応する反射光束もレンズ部分の中心から出射することになり、投影レンズ径の小径化を図りつつ照射光の有効利用が図れる。

【0092】(第4の実施形態)図26は本発明のさらに別な実施形態による反射型表示装置101の構成を示す概略図である。これはDMD(digital micromirror device)102と呼ばれる微細な光学素子を用いたものであって、例えばプロジェクタなどに用いられる。

【0093】まず、DMD102について説明する。これはマイクロマシニング技術を用いることにより、Si基板103上に多数の微細なマイクロミラー105を配列させた光学素子である。このDMDの1画素分の構造を図27に示す。Si基板103の上面には一対の支持部106が設けられており、Si基板103の表面においてトーションヒンジ107の両端が支持部106によって支持されている。トーションヒンジ107には、ヨーク108の中央部が取り付けられており、ヨーク108の中心に立てられた柱部109の上端にマイクロミラー105が形成されている。Si基板103の上面には、静電気等の電気磁気的な力によってヨークに駆動力を及ぼしてトーションヒンジ107を振らせながらヨーク108の傾きを調整することにより、マイクロミラー105の角度を制御するためのミラー駆動手段(図示せず)が設けられている。こうしてヨーク108を傾けることにより、マイクロミラー105の角度を変化させることができ、マイクロミラー105に光を照射していると、反射光の方向を自由に制御することができる。

【0094】DMD102を用いた反射型表示素子101は、図26に示すように、DMD102に対向させてマイクロレンズアレイ基板40を配置し、光源110から出射された白色光をダイクロイックミラー111によって赤、緑、青の光束に分光させ、各色の光束をマイクロレンズアレイ基板40を透過させることにより、1絵素を構成する3つのマイクロミラー105に照射させるようにしたものである。各絵素において、スクリーン114に表示する必要のない光束は、マイクロミラー10

5によって横方向へ反射されて光アブソーバ112に吸収され、スクリーンに表示する場合には、マイクロミラー105によってプロジェクションレンズ113の方向へ反射させ、プロジェクションレンズ113によってスクリーン114上に結像され、表示画像の1画素となる。また、階調を表示するには、1フレーム周期の間に階調レベルに応じて時分割された時間だけ、スクリーンに光が投射されるようにミラーを制御する。例えば256階調では、1フレーム時間(60フレームでは1/60秒)を256分の1に分けた間隔でミラーを制御して

【0095】このようなDMD102を用いた反射型表示装置101において2層構造のマイクロレンズアレイ基板40を用いれば、マイクロレンズアレイ基板40とDMD102の間で各色の光束の主光線が平行となるように出射されるから、マイクロミラー105間のピッチを小さくすることができ、反射型表示装置101の画素を精細化することができる。しかも、そのマイクロレンズアレイ基板40としてレンズ樹脂層の界面によってマイクロレンズアレイ33、34を成形したものをを用い

ば、光学特性を良好にできるので、反射型表示装置の品質が良好となり、コストも安価にできる。

【0096】さらには、本発明のマイクロレンズアレイ基板は、画像表示装置の応用分野として、投影型プロジェクタ、背面投影型のプロジェクタテレビ(リアプロTV)、ヘッドマウントディスプレイ(HMD;近年バーチャルアミューズメントなどに用いられている眼鏡式の表示モニタ)などにも利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の投影型カラー液晶表示装置の構成を示す断面図である。

【図2】同上の装置に用いられているダイクロイックミラーの構成を示す図である。

【図3】同上の装置に用いられている液晶表示素子とマイクロレンズアレイを示す断面図である。

【図4】別な従来例の投影型カラー液晶表示装置に用いられている液晶表示素子とマイクロレンズアレイ基板を示す断面図である。

【図5】同上のマイクロレンズアレイの作用を説明する図である。

【図6】(a)(b)(c)(d)(e)は同上のマイクロレンズアレイの製造方法を説明する断面図である。

【図7】同上のマイクロレンズアレイやガラス基板等からマイクロレンズアレイ基板を製作する方法を説明する図である。

【図8】本発明の一実施形態による投影型カラー液晶表示装置の構成を示す断面図である。

【図9】同上の装置に用いられている液晶表示素子とマイクロレンズアレイを示す断面図である。

【図10】同上の装置に用いられているマイクロレンズ

アレイ基板の作用を説明する図である。

【図11】(a)(b)は同上のマイクロレンズアレイの焦点距離の調整方法を説明する図である。

【図12】(a)(b)は同上のマイクロレンズアレイの焦点距離の別な調整方法を説明する図である。

【図13】同上のマイクロレンズアレイ基板を製造するための成形機の上側テーブル及び下側テーブルを示す概略断面図である。

【図14】(a)(b)(c)は同上のマイクロレンズアレイ基板の製造工程を説明する図である。

【図15】(d)(e)(f)は図14の続図である。

【図16】(g)(h)(i)は図15の続図である。

【図17】(a)~(e)はマイクロレンズアレイのパターンを成形するためのスタンプの製造方法を説明する図である。

【図18】ガラス板をレーザー加工する様子を示す図である。

【図19】(a)~(e)はマイクロレンズアレイのパターンを成形するためのスタンプの別な製造方法を説明する図である。

【図20】(a)(b)(c)は本発明の別な実施形態における投影型カラー液晶表示装置に用いられるマイクロレンズアレイの形状を示す図である。

【図21】本発明のさらに別な実施形態による反射型液晶表示素子の構造を示す断面図である。

【図22】同上の素子におけるレンズ部分と画素の配列を示す図である。

【図23】同上の素子におけるレンズ部分と画素の別な配列を示す図である。

【図24】同上の素子におけるレンズ部分と画素のさらに別な配列を示す図である。

【図25】同上の素子における照射光と反射光の光路を示す図である。

【図26】本発明のさらに別な実施形態による反射型表示装置の構成を示す概略図である。

【図27】同上の表示装置に用いられているDMDの構造を示す斜視図である。

【符号の説明】

32 液晶表示素子

40 33、34 マイクロレンズアレイ

38R、38G、38B ダイクロイックミラー

40 マイクロレンズアレイ基板

41 液晶層

44、45 ベースガラス

46、47、48 レンズ樹脂層

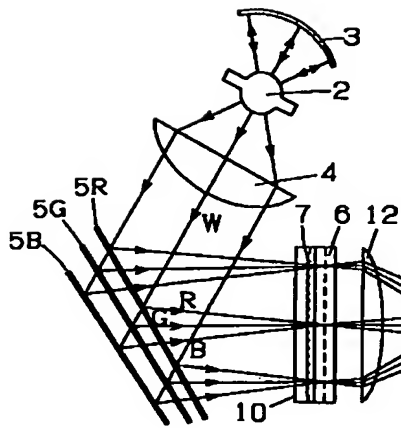
56、59、60 紫外線硬化型樹脂

57 スタンプ

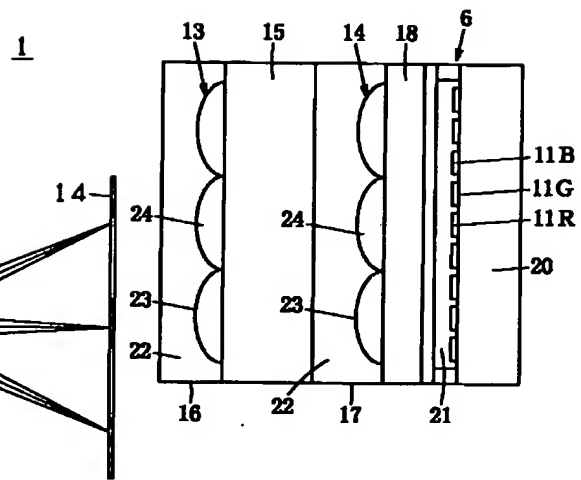
102 DMD

105 マイクロミラー

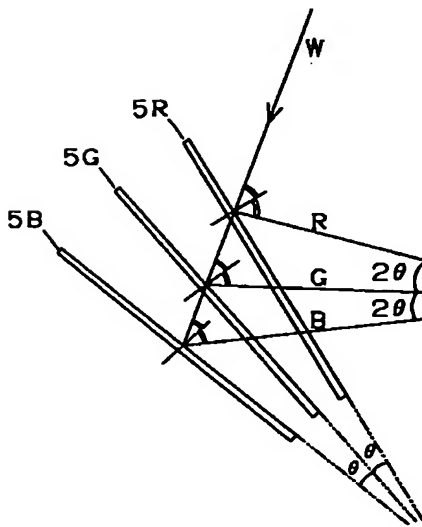
【図1】



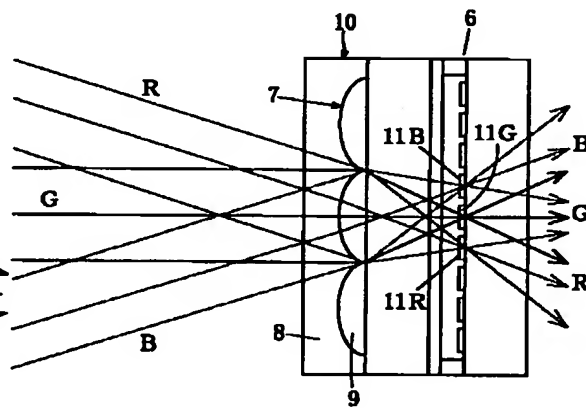
【図4】



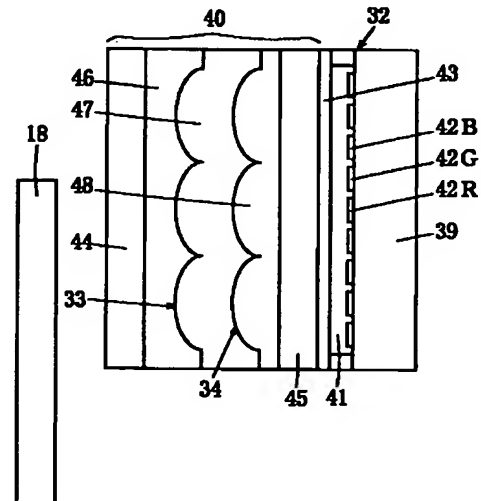
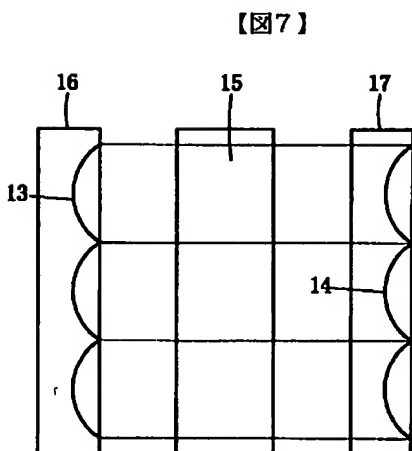
【図2】



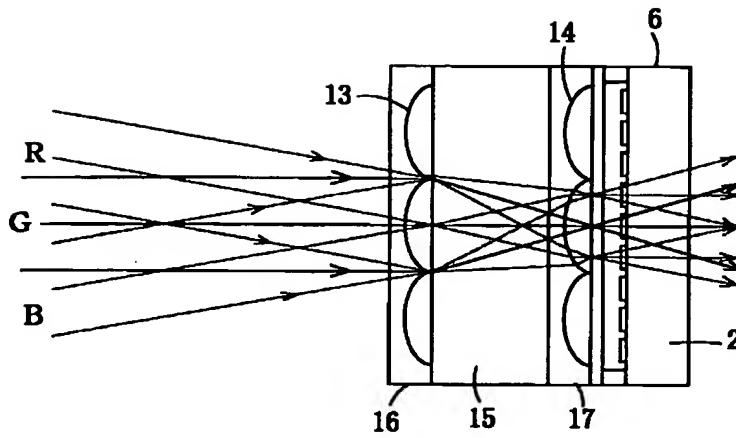
【図3】



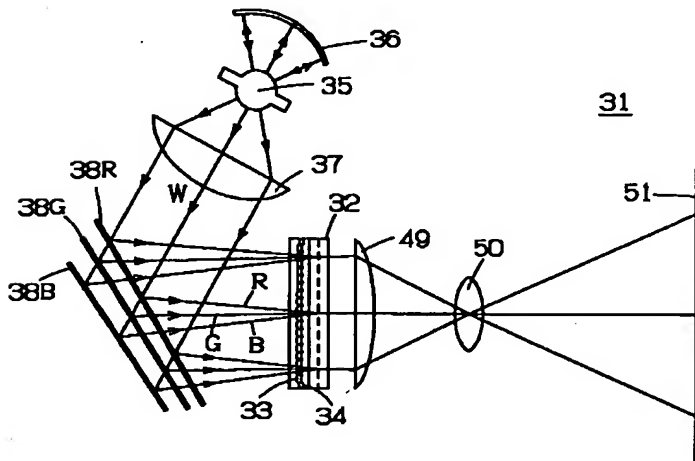
【図9】



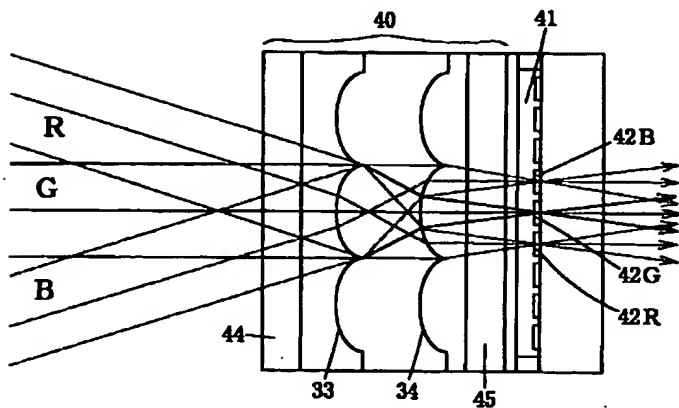
【図5】



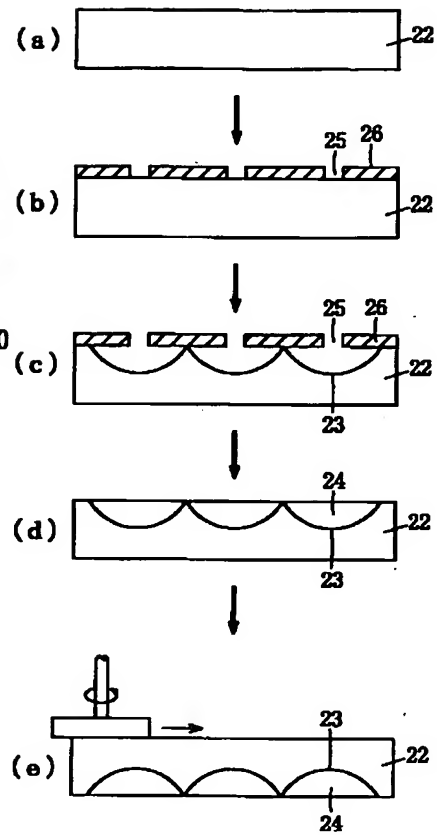
【図8】



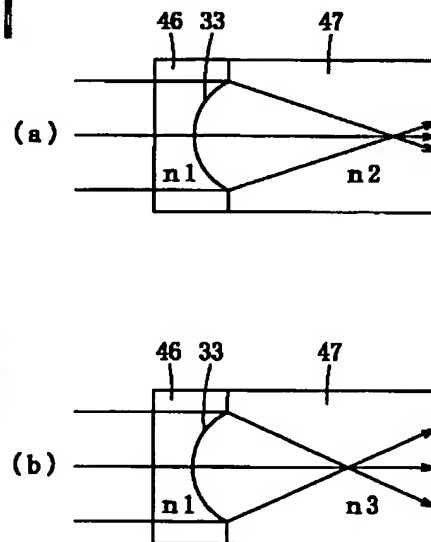
【図10】



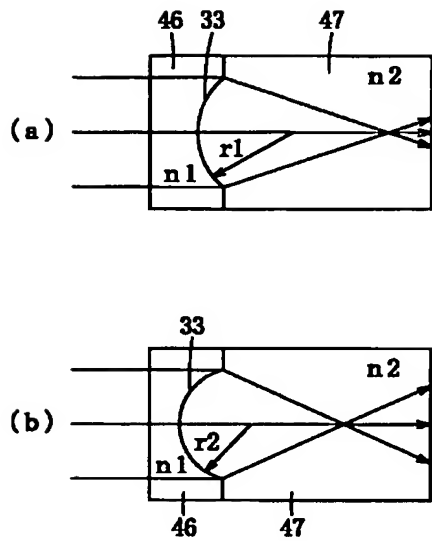
【図6】



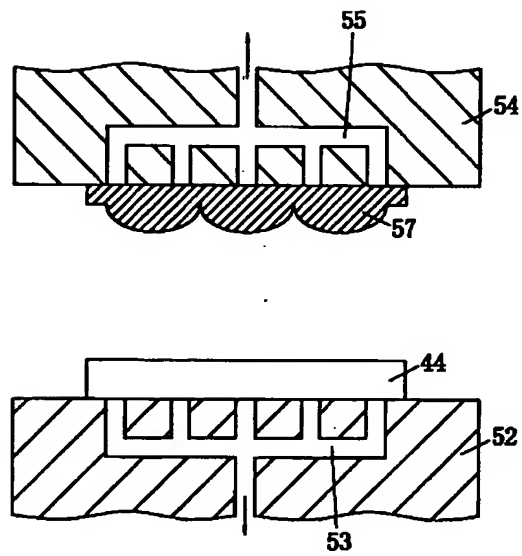
【図11】



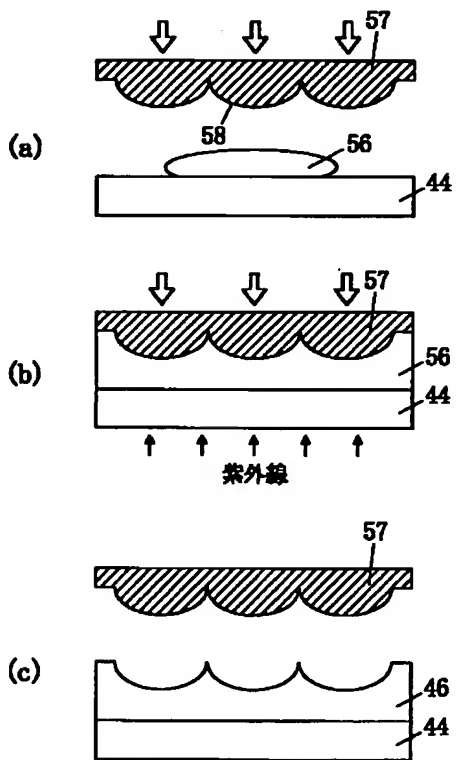
【図12】



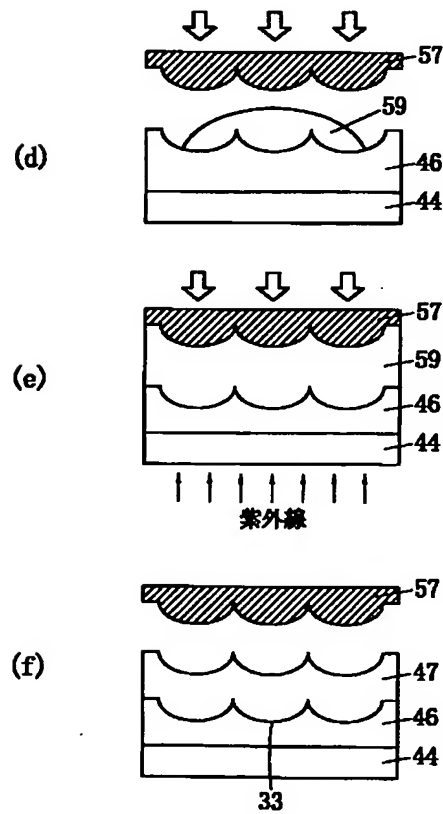
【図13】



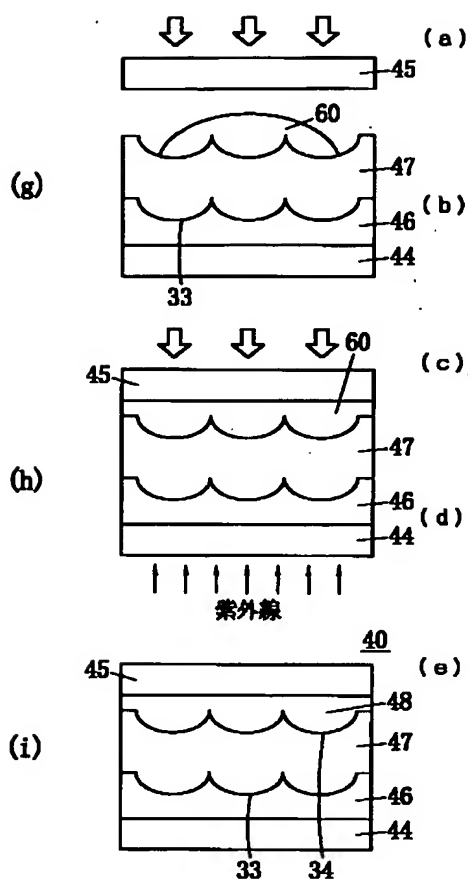
【図14】



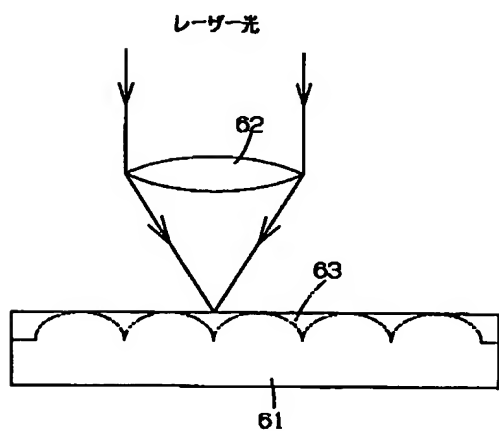
【図15】



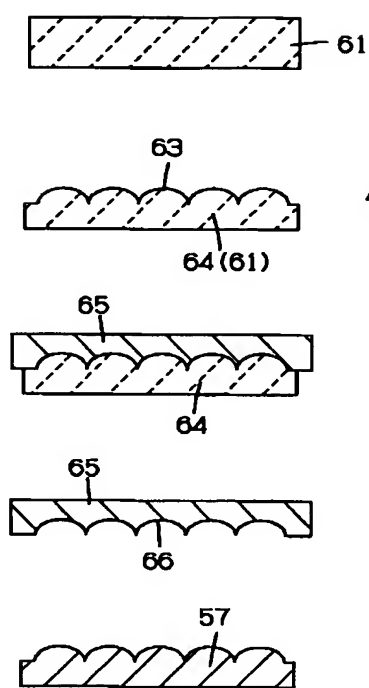
【图16】



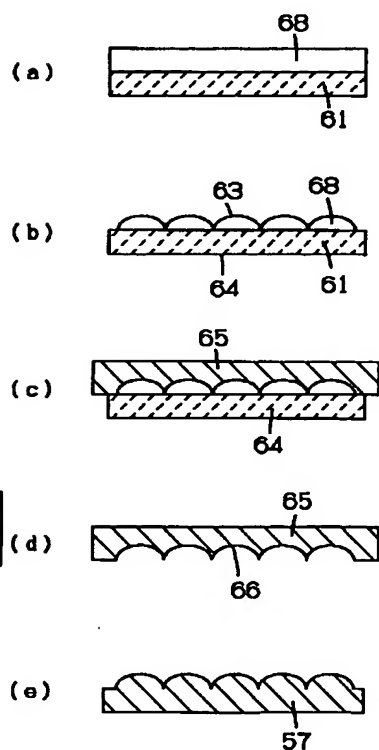
【図18】



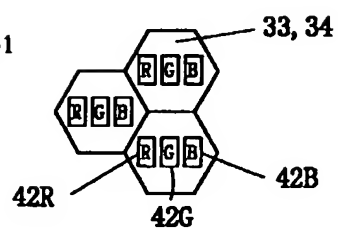
【图17】



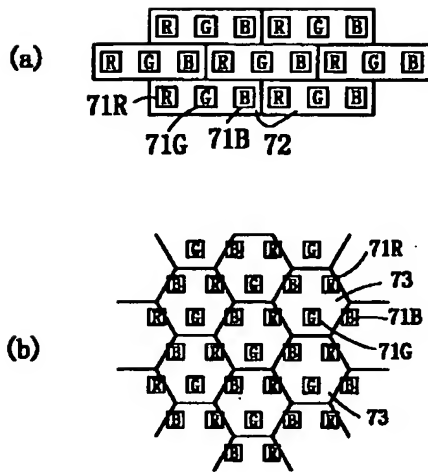
【図19】



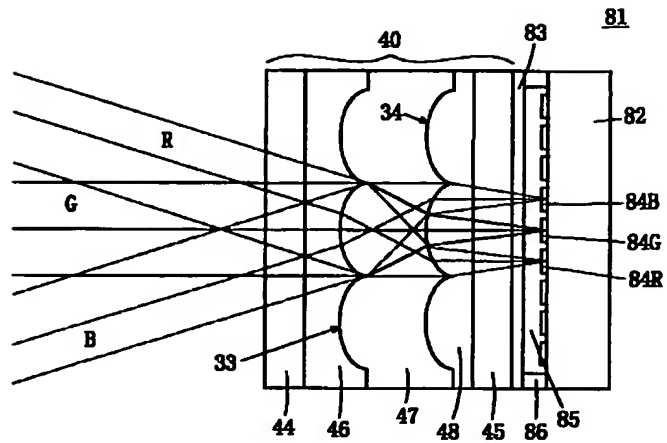
【图23】



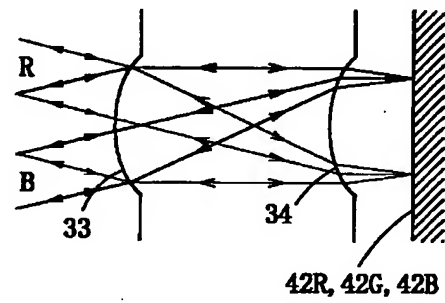
【図20】



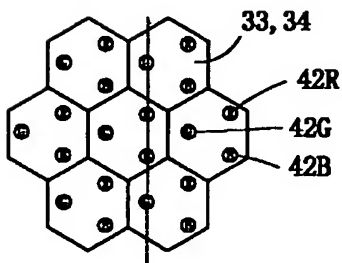
【図21】



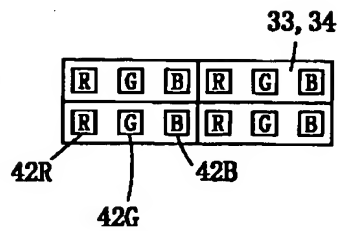
【図25】



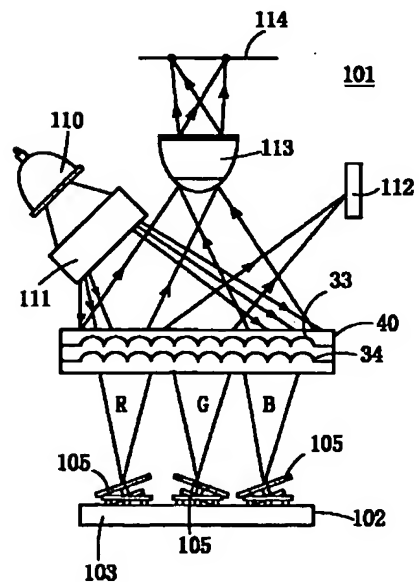
【図22】



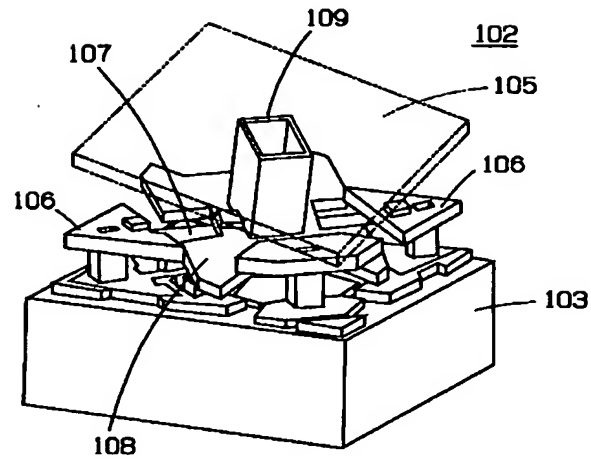
【図24】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターム(参考)

)

G 0 2 F 1/1335

G 0 2 F 1/1335

// B 2 9 L 11:00

Fターム(参考) 2H091 FA05Z FA14Z FA26X FA26Z

FA29Z FA41Z FB02 FC01

FC23 FD04 FD06 FD18 KA01

LA12 MA07

4F100 AK01A AK01B AK01C BA03

DD04A DD04B DD05A DD05B

EG00B EJ08 EJ39 EJ54

GB41 GB90 JL02 JN01A

JN01B JN01C JN18A JN18B

4F205 AA44 AG03 AG27 AH75 GA06

GB01 GB22 GB29 GC01 GF01

GF23 GN28 GN29